



GUILLERMO GÓMEZ BLÁZQUEZ

# **PROYECTO DE DISEÑO DE UNA PRÓTESIS A PARTIR DE FABRICACIÓN ADITIVA (IMPRESIÓN 3D)**

## **ANEXOS**

Director: Daniel García Almiñana

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER DE INGENIERÍA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES**

ESEIAAT – Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa

Junio 2019



## Anexos

Anexo 01: Ficha técnica del material Ácido Poliláctico (PLA) .....	2
Anexo 02: Ficha técnica del material Poliuretano Termoplástico (TPU).....	5
Anexo 03: Viabilidad económica del prototipo.....	8
Bibliografía .....	10

## Anexo 01: Ficha técnica del material Ácido Poliláctico (PLA)

Denominación química	Ácido poliláctico
Descripción	El filamento de PLA Ultimaker ofrece una experiencia de impresión 3D sencilla gracias a su fiabilidad y buena calidad superficial. Nuestro PLA está fabricado con materiales orgánicos y renovables. Es seguro, fácil de utilizar en la impresión y se adecua a una amplia gama de aplicaciones para usuarios nuevos y experimentados.
Características principales	El PLA ofrece una buena resistencia a la tracción y calidad superficial, facilita el trabajo a altas velocidades de impresión, simplifica el uso en entornos domésticos y de oficina y permite la creación de piezas de alta resolución. Existe una amplia gama de opciones de color disponibles.
Aplicaciones	Herramientas domésticas, juguetes, proyectos educativos, objetos de exposición, prototipado, modelos arquitectónicos y también métodos de fundición a la cera perdida para crear piezas de metal.
No adecuado para	Aplicaciones en contacto con alimentos e in vivo. Uso prolongado en exteriores o aplicaciones en las cuales la parte impresa está expuesta a temperaturas superiores a 50 °C.

### Especificaciones del filamento

	<u>Valor</u>	<u>Método</u>
Diámetro	2,85 ± 0,10 mm	-
Desviación de redondez máxima	0,10 mm	-
Peso neto del filamento	350 g / 750 g	-
Longitud del filamento	~44 m / ~95 m	-

### Información sobre el color

<u>Color</u>	<u>Código de color</u>
PLA verde	RAL 6018
PLA negro	RAL 9005
PLA plata metalizado	RAL 9006
PLA blanco	RAL 9010
PLA transparente	n.p.
PLA naranja	RAL 2008
PLA azul	RAL 5002
PLA magenta	RAL 4010
PLA rojo	RAL 3020
PLA amarillo	RAL 1003
PLA blanco nacarado	RAL 1013

<u>Propiedades mecánicas (*)</u>	<u>Moldeo por inyección</u>		<u>Impresión 3D</u>	
	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>
Módulo de elasticidad a la tracción	-	-	2346,5 MPa	ISO 527 (1 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la deformación	-	-	49,5 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la rotura	-	-	45,6 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la deformación	-	-	3,3 %	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la rotura	-	-	5,2 %	ISO 527 (50 mm/min)
Resistencia a la flexión	-	-	103,0 MPa	ISO 178
Módulo de flexión	-	-	3150,0 MPa	ISO 178
Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (a 23 °C)	-	-	5,1 kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180
Resistencia a la prueba de impacto Charpy (a 23 °C)	-	-	-	-
Dureza	-	-	83 (Shore D)	Durómetro
<u>Propiedades térmicas</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>		
Índice de fluidez (MFR)	6,09 g/10 min	ISO 1133 (210 °C, 2,16 kg)		
Deformación térmica (HDT) a 0,455 MPa	-	-		
Deformación térmica (HDT) a 1,82 MPa	-	-		
Transición vítrea	~60 °C	ISO 11357		
Coefficiente de expansión térmica	-	-		
Temperatura de fusión	145-160 °C	ISO 11357		
Contracción térmica	-	-		
<u>Otras propiedades</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>		
Gravedad específica	1,24	ASTM D1505		
Clasificación de llama	-	-		

(\*) Ver las notas.

### Notas

Las propiedades indicadas corresponden a los valores promedio de un lote típico. Las muestras de prueba impresas en 3D se imprimieron en el plano XY, utilizando el perfil de calidad normal en Cura 2.1, una Ultimaker 2+, una tobera de 0,4 mm, relleno del 90 %, una temperatura de tobera de 210 °C y una temperatura de la placa de impresión de 60 °C. Los valores son la media de 5 muestras blancas y 5 negras para los ensayos de tracción, flexión e impacto. La dureza Shore D se midió en un recuadro de 7 mm de grosor impreso en el plano XY, utilizando el perfil de calidad normal en Cura 2.5, una Ultimaker 3, un núcleo de impresión de 0,4 mm y relleno del 100 %. Ultimaker trabaja constantemente para ampliar la información de las fichas de datos técnicos.

### Descargo de responsabilidad

La información o asistencia técnica proporcionadas en esta ficha se facilitan y aceptan por su cuenta y riesgo y Ultimaker y sus filiales no ofrecen ninguna garantía relativa o debida a ellas. Ultimaker y sus filiales no asumen ninguna responsabilidad por el uso de esta información o de ningún producto, método o aparato mencionado y deberá determinar personalmente su idoneidad e integridad para su propio uso, para la protección del medio ambiente y para la salud y la seguridad de sus empleados y los compradores de sus productos. No se ofrece ninguna garantía sobre la capacidad para el comercio o la idoneidad de ningún producto y nada de lo aquí estipulado constituye una renuncia a ninguna de las condiciones de venta de Ultimaker. Las especificaciones están sujetas a modificación sin previo aviso.

Versión

Versión 3.011

Fecha

16/05/2017

**Ultimaker**

## Anexo 02: Ficha técnica del material Poliuretano Termoplástico (TPU)

Denominación química	Poliuretano termoplástico
Descripción	El filamento de TPU 95A es muy versátil para aplicaciones industriales y es la opción idónea para una amplia gama de proyectos de fabricación que requieren tanto las cualidades del caucho como las del plástico. El TPU 95A se ha diseñado para ofrecer homogeneidad en la impresión 3D y es un filamento semiflexible y resistente a los productos químicos con una fuerte adhesión entre capas. Además, es más fácil y rápido de imprimir que otros filamentos de TPU.
Características principales	Resistencia excepcional al deterioro por uso, alta resistencia a los impactos, dureza Shore A de 95, hasta un 580 % de alargamiento a la rotura y buena resistencia a la corrosión causada por muchos productos químicos y aceites industriales habituales.
Aplicaciones	Prototipado funcional, empuñaduras, guías, bisagras, manguitos, piezas de encaje a presión y carcasas protectoras.
No adecuado para	Aplicaciones en contacto con alimentos e in vivo. Inmersión prolongada en radiación UV y/o humedad y aplicaciones en las que la parte impresa está expuesta a temperaturas superiores a 100 °C.

### Especificaciones del filamento

	<u>Valor</u>	<u>Método</u>
Diámetro	2,90 ± 0,13 mm	Medidor láser de 2 ejes
Desviación de redondez máxima	0,07 mm	Medidor láser de 2 ejes
Peso neto del filamento	750 g	-
Longitud del filamento	~96 m	-

### Información sobre el color

<u>Color</u>	<u>Código de color</u>
TPU 95A blanco	RAL 9010
TPU 95A negro	RAL 9005
TPU 95A rojo	RAL 3031
TPU 95A azul	RAL 5002

### Propiedades mecánicas (\*)

### Moldeo por inyección

### Impresión 3D

	Valor típico	Método de ensayo	Valor típico	Método de ensayo
Módulo de elasticidad a la tracción	-	-	26,0 MPa	ASTM D638
Esfuerzo de tracción a la deformación	-	-	8,6 MPa	ASTM D638
Esfuerzo de tracción a la rotura	-	-	39,0 MPa	ASTM D638
Alargamiento a la deformación	-	-	55,0 %	ASTM D638
Alargamiento a la rotura	-	-	580,0 %	ASTM D638
Resistencia a la flexión	-	-	4,3 MPa	ISO 179
Módulo de flexión	-	-	78,7 MPa	ISO 179
Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (a 23 °C)	-	-	34,4 kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180
Resistencia a la prueba de impacto Charpy (a 23 °C)	-	-	-	-
Dureza	-	-	95 (Shore A) 46 (Shore D)	ASTM D2240 Durómetro
Resistencia a la abrasión	-	-	0,06 g	ASTM D4060 (pérdida de masa, 10 000 ciclos)

### Propiedades térmicas

### Valor típico

### Método de ensayo

Índice de fluidez (MFR)	15,9 g/10 min	ISO 1133 (225 °C, 1,2 kg)
Deformación térmica (HDT) a 0,455 MPa	74 °C	ASTM D648
Deformación térmica (HDT) a 1,82 MPa	49 °C	ASTM D648
Transición vítrea	-24 °C	DSC
Coefficiente de expansión térmica	100·10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	ASTM E693
Temperatura de fusión	220 °C	DSC
Contracción térmica	-	-

### Propiedades eléctricas

### Valor típico

### Método de ensayo

Resistividad de volumen	10 <sup>11</sup> Ω·m	IEC 60093
Resistencia superficial	2·10 <sup>14</sup> Ω	IEC 60093

(\*) Ver las notas.

<u>Otras propiedades</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>
Gravedad específica	1,22	ASTM D782
Clasificación de llama	Clase HB	ICE 60695-11-10
Absorción de humedad	0,18 %	ASTM D570 (24 h)

### Notas

Las propiedades indicadas corresponden a los valores promedio de un lote típico. Las barras para los ensayos de tracción se imprimieron con 2 armazones, flujo de material del 107 %, temperatura de tobera de 260 °C, temperatura del lecho de 45 °C, diámetro de tobera de 0,8 mm, velocidad de relleno de 40 mm/s, velocidad de impresión de 30 mm/s y altura de capa de 0,3 mm. Las barras para los ensayos de flexión e impacto se imprimieron en el plano XY, utilizando el perfil de calidad normal en Cura 2.1, una Ultimaker 2+, una tobera de 0,4 mm, relleno del 90 %, una temperatura de tobera de 235 °C y una temperatura de la placa de impresión de 70 °C. Los valores son la media de 5 muestras blancas y 5 negras para los ensayos de flexión e impacto. La dureza Shore D se midió en un recuadro de 7 mm de grosor impreso en el plano XY, utilizando el perfil de calidad normal en Cura 2.5, una Ultimaker 3, un núcleo de impresión de 0,4 mm y relleno del 100 %. Ultimaker trabaja constantemente para ampliar la información de las fichas de datos técnicos.

### Descargo de responsabilidad

La información o asistencia técnica proporcionadas en esta ficha se facilitan y aceptan por su cuenta y riesgo y Ultimaker y sus filiales no ofrecen ninguna garantía relativa o debida a ellas. Ultimaker y sus filiales no asumen ninguna responsabilidad por el uso de esta información o de ningún producto, método o aparato mencionado y deberá determinar personalmente su idoneidad e integridad para su propio uso, para la protección del medio ambiente y para la salud y la seguridad de sus empleados y los compradores de sus productos. No se ofrece ninguna garantía sobre la capacidad para el comercio o la idoneidad de ningún producto y nada de lo aquí estipulado constituye una renuncia a ninguna de las condiciones de venta de Ultimaker. Las especificaciones están sujetas a modificación sin previo aviso.

Versión

Versión 3.010

Fecha

16/05/2017

**Ultimaker**



## Anexo 03: Viabilidad económica del prototipo

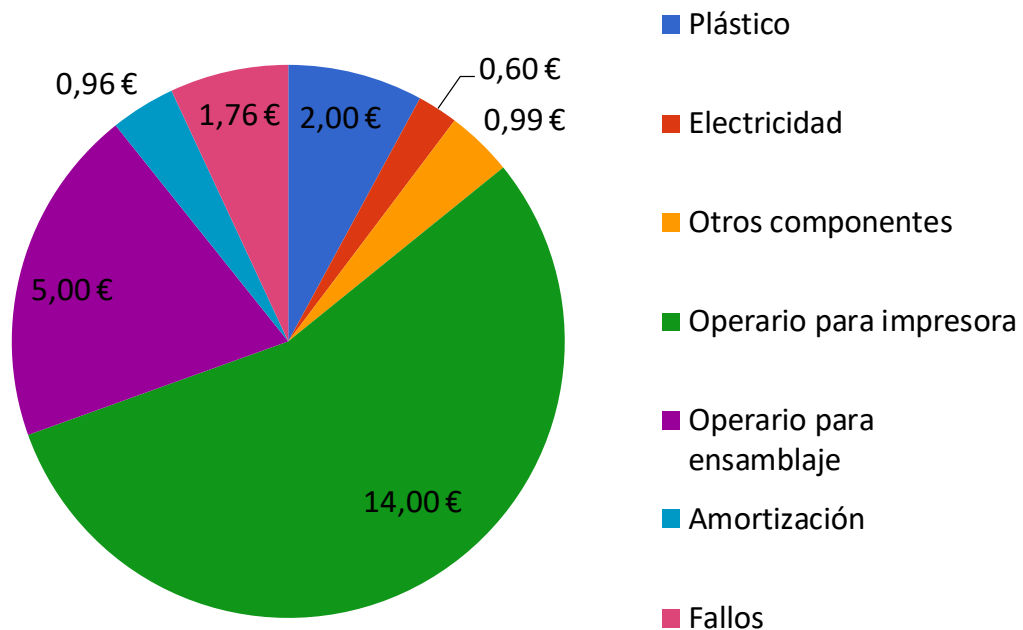
Datos del modelo	
Coste plástico [€/kg]	20
Coste luz [€/kWh]	0,15
Consumo medio [kW]	0,50
<b>Coste por hora de luz [€/h]</b>	<b>0,075</b>
Coste de impresora (€)	480
Tiempo amortización [años]	10
Días activa al año	100
Horas por día [h]	4
<b>Coste de amortización [€/h]</b>	<b>0,12</b>
Tasa de fallos	10%
Coste por hora del operador [€/h]	20
Tiempo preparación [h]	0,2
Tiempo postproducción impresión [h]	0,5
Tiempo postproducción ensamblaje [h]	0,25

Coste de fabricacion de piezas impresas	
Masa de la pieza [kg]	0,1
Tiempo impresión [h]	8
Coste material	
- Plástico	2,00 €
- Electricidad	0,60 €
Coste operario	
- Preparación	4,00 €
- Postproducción	10,00 €
Coste amortización	0,96 €
Coste fallos	1,76 €
<b>Coste pieza plástica</b>	<b>19,32 €</b>

Coste componentes no plásticos	
Coste tornillo [€/u]	0,04
Coste hilo [€/m]	0,315
Total tornillos [u]	5
Total hilo [m]	2,5
Coste otros componentes	
- Tornillos	0,20 €
- Hilo	0,79 €
Coste operario	
- Ensamblado	5,00 €
<b>Coste otros componentes</b>	<b>5,99 €</b>

<b>Coste total del prototipo</b>	<b>25,30 €</b>
----------------------------------	----------------

## Componentes del precio



## Bibliografía

La bibliografía de anexos consultada ha sido la siguiente:

- Ficha técnica PLA [Online] [08/06/2019] de:  
<https://ultimaker.com/download/67583/TDS%20PLA%20v3.011-spa-ES.pdf>
- Ficha técnica TPU [Online] [08/06/2019] de:  
<https://www.lusar3d.com/app/download/16289692696/TDS+TPU+95A+v3.010-spa-ES.pdf?t=1536061499>